



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 24 624 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>  
**G 01 N 21/55**

⑳ Aktenzeichen: 198 24 624.2  
㉔ Anmeldetag: 2. 6. 98  
㉕ Offenlegungstag: 25. 2. 99

DE 198 24 624 A 1

⑥⑥ Innere Priorität:  
197 31 515. 1      23. 07. 97

⑦① Anmelder:  
Technische Universität Ilmenau Abteilung  
Forschungsförderung und Technologietransfer,  
98693 Ilmenau, DE

⑦② Erfinder:  
Bischoff, Jörg, Dr., 98704 Langewiesen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen  
Rechercheantrag gem. Paragraph 43 Abs. 1 Satz PatG ist gestellt

⑤④ Meßanordnung zur optischen Diffraktionsanalyse periodischer Submikrometerstrukturen

DE 198 24 624 A 1

BEST AVAILABLE COPY

Die Erfindung betrifft eine Meßanordnung zur optischen Diffraktionsanalyse von Proben periodischer Submikrometerstrukturen. Sie ist einsetzbar zur optischen Diffraktionsanalyse von Sublambdagittern, d. h. periodischen ein- oder zweidimensionalen Strukturen mit einer räumlichen Periode die kleiner als die antastende Lichtwellenlänge ist. Die optische Diffraktionsanalyse periodischer Mikrostrukturen, im angelsächsischen Sprachgebrauch auch als "Optical Scatterometry" bekannt, hat seit ihrer Einführung durch eine von Prof. R. McNeil and der UNM Albuequerque geleiteten Arbeitsgruppe, eine gewisse Bedeutung als alternatives Meßverfahren der Mikro- und Mikroelektroniktechnologie erlangt. Das Prinzip des Verfahrens besteht in der winkelaufgelösten Messung des an periodischen Mikrostrukturen gebeugten Lichtes (d. h. der Beugungseffizienzen in den ausbreitungsfähigen Ordnungen) bzw. des direkten Reflexes in Abhängigkeit vom Einfallswinkel. In einem zweiten Schritt werden mittels moderner Datenanalyseverfahren wie multivarianter Regression, Regression auf der Basis neuronaler Netze oder einem Vergleichstabellenprinzip die zu bestimmenden Profil- und ggf. auch Materialparameter aus den Streulichtdaten extrahiert. Die Messung erfolgt hierbei integral über mehrere Gitterperioden. Es wird in der Regel mit Strahldurchmessern zwischen 0,1 und 1 mm gearbeitet, woraus die Erfassung von ca. 100 bis 1000 Gitterperioden folgt. Dadurch ist eine starke Konzentration des gebeugten Lichtes in bestimmte Richtungen (Beugungsordnungen) gewährleistet.

Für Sublambdagitter ist das gebeugte Licht höherer Ordnung entsprechend der Gittergleichung nicht mehr ausbreitungsfähig. Dennoch enthält das direkt reflektierte bzw. transmittierte Licht ausreichende Information über das beugende Profil solange das Verhältnis von Wellenlänge  $\lambda$  zu Gitterperiode  $d$  nicht sehr viel größer als 1 ist. Durch Messung dieser nullten Beugungsordnung in Transmission und/oder Reflexion als Funktion des Einfallswinkels lassen sich charakteristische Kurven bzw. Abhängigkeiten gewinnen, die man als eine Art optischen Fingerabdruck des Gitterprofils ansehen kann. Auf diese Weise können wieder genug Eingangsdaten für eine erfolgreiche Datenanalyse bereitgestellt werden. Wegen der gleichzeitigen Änderung von Einfallswinkel  $\theta_i$  und Streuwinkel  $\theta_s$  wird das Verfahren auch als 2 $\theta$ -Scatterometry bezeichnet. Derzeit erfolgt das Anfahren der Winkelstellungen zeitlich nacheinander, woraus relativ lange Meßzeiten resultieren.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung der eingangs beschriebenen Art (2 $\theta$ -Prinzip) anzugeben, mit der die Meßzeiten wesentlich reduziert werden.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit den in den Patentansprüchen angegebenen Merkmalen gelöst.

Die erfindungsgemäße Anordnung wird durch folgende Wirkungsweise charakterisiert.

1. Die zu messende Probe wird in einem der beiden Brennpunkte eines Ellipsoidspiegels oder eines Ellipsoidspiegelsegments angeordnet.
2. Im zweiten Brennpunkt des Ellipsoidspiegels befindet sich ein diffraktiver Mehrfachstrahlteiler, der den einfallenden (monochromatischen) Strahl in mehrere, unterschiedlich gerichtete Teilstrahlen annähernd gleicher Intensität aufspaltet.
3. Die erzeugten Teilstrahlen müssen nicht notwendigerweise in einer Ebene liegen, was besonders für die Untersuchung von Doppelgittern aber auch für die Realisierung der sogenannten konischen Anordnung bei der Messung eindimensionaler Gitter von Interesse

sein kann.

4. Die vom Mehrfachstrahlteiler ausgehenden Teilstrahlen werden am Ellipsoidspiegel reflektiert und treffen unter verschiedenen Einfallswinkeln (Elevation  $\theta$  und Azimut  $\Phi$ ) gleichzeitig auf die gleiche Region der Probe.

5. In der Richtung der transmittierten oder reflektierten Strahlen befindet sich ein Detektorarray oder mehrere diskrete Detektoren zur Messung der Lichtintensität.

6. Mit dieser Anordnung können auch periodische Strukturen mit  $\lambda < d$  untersucht werden, indem auch die Intensitäten der höheren Beugungsordnungen durch entsprechend angeordnete Detektoren gemessen werden.

7. Die Anordnung kann mittels eines idealen Spiegels an der Stelle der Probe geeicht werden, wodurch unterschiedliche Empfindlichkeiten der Empfänger und Unterschiede bei der Aufspaltung am Vielfachstrahlteiler auskalibriert werden können.

Ein entscheidender Vorteil der erfindungsgemäßen Anordnung liegt darin, daß durch eine Parallelisierung des 2 $\theta$ -Prinzips und die damit verbundene simultane Messung des spekularen Reflexes für mehrere Einfallswinkel die Akzeptanz dieses Meßprinzips für den industriellen Einsatz wesentlich erhöht werden kann.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert

In der zugehörigen Zeichnung zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung der Anordnung zur simultanen Erfassung einer 2 $\theta$ -Kurve in Reflexion mittels eines Ellipsoidspiegels in Kombination mit einem Vielfachstrahlteiler.

Grundelement der Anordnung ist ein Ellipsoidspiegel 5 in dessen erstem Brennpunkt F1 sich ein diffraktiver Mehrfachstrahlteiler 4 und in dessen zweiten Brennpunkt sich die zu untersuchende Probe 7 befindet. Die Probe kann mittels eines rechnergesteuerten Koordinatentisches 8 positioniert werden. Das von einem Laser (oder einer anderen monochromatischen Lichtquelle) 1 ausgehende Licht wird mittels eines Faserkoppelsystems 2 in die Meßanordnung eingekoppelt und mittels eines Umlenkspiegels 3 auf das Strahlteiler-element gelenkt. Der diffraktive optische Strahlteiler teilt den aus dem Lichtwellenleiter ausgekoppelten Strahl in eine bestimmte Anzahl von Teilstrahlen auf. Aufgrund der optischen Eigenschaften des Ellipsoidspiegels werden alle Strahlen, die vom ersten Brennpunkt ausgehen im zweiten Brennpunkt wieder vereinigt. Da sich die Probe im zweiten Brennpunkt F2 befindet, kann auf diese Weise sichergestellt werden, daß mehrere Teilstrahlen 6 unter verschiedenem Einfallswinkel gleichzeitig auf die Oberfläche treffen. Diese werden entsprechend dem Profil der Probenoberfläche für die verschiedenen Einfallswinkel unterschiedlich reflektiert 9 und von optoelektronischen Empfängerelementen 10, die im Viertelkreisbogen über der Probe angeordnet sind, detektiert. Diese Messung erfolgt im Unterschied zum bekannten 2 $\theta$ -Prinzip gleichzeitig, wodurch eine hohe Meßgeschwindigkeit und damit Meßdurchsatz gesichert werden kann.

Die Auswertung der gemessenen Intensitätskurven geschieht wiederum, wie oben bereits erwähnt, durch entsprechende Datenanalyseverfahren. Neben der Anwendung in der Mikroelektronikindustrie, z. B. für Messungen an periodischen dRAM-Strukturen mit Linien breiten im Bereich von 0,25  $\mu$ m und darunter, bestehen auch Möglichkeiten für den Einsatz des Verfahrens zur schnellen im-Prozess-Charakterisierung diffraktiven Elementen für den Einsatz in hochgenauen Translations- und Rotationsmeßsystemen

(translation- and rotation-encoders) und für optische Rückverdrahtungen (optical backplanes).

#### Bezugszeichenliste

1 Laser/Monochromatische Lichtquelle	5
2 Faserkoppelsystem	
3 Umlenkspiegel	
4 Mehrfachstrahlteiler	
5 Ellipsoidspiegel (oder Ellipsoidspiegelsegment)	10
6 Einfallende Strahlen	
7 Probe	
8 Proben Tisch	
9 Reflektierte (und gebeugte) Strahlen	
10 Optoelektronische Empfänger	15
F1 Brennpunkt 1 des Ellipsoidspiegels	
F2 Brennpunkt 2 des Ellipsoidspiegels	

#### Patentansprüche

1. Meßanordnung zur optischen Diffraktionsanalyse von Proben (7) periodischer Submikrometerstrukturen, **dadurch gekennzeichnet**, daß
  - die Anordnung einen Ellipsoidspiegel (5) und eine monochromatische Lichtquelle (1) enthält, 25
  - sich in einem der beiden Brennpunkte (F1) des Ellipsoidspiegels ein Strahlteilerelement (4),
  - in dem anderen Brennpunkt (F2) die zu untersuchende Probe (7) befinden und
  - in einem Viertelkreisbogen oberhalb der Probe 30 (7) optoelektronische Empfängerelemente (10) angeordnet sind.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß an der Anordnung ein Faserkoppelsystem (2), mit dem das monochromatische Licht in die Meßanordnung eingekoppelt wird, und ein Umlenkspiegel (3), mit dem das Licht auf den Strahlteilerelement (4) gelenkt wird, angebracht sind.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Probe (7) auf einem rechnergesteuerten Koordinatentisch (8) angebracht ist, mit dem die Probe (7) in zwei Koordinaten positioniert und im Winkel ausgerichtet werden kann.
4. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Strahlteiler- 45 element (4) ein diffraktiver Mehrfachstrahlteiler angeordnet ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

TEST AVAILABLE COPY

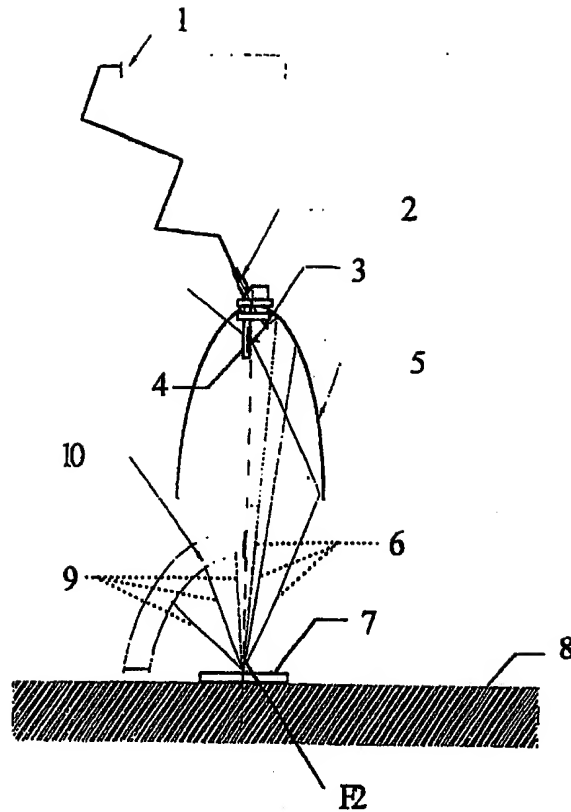


FIG. 1

BEST AVAILABLE COPY

DOCKET NO: EHF 2001,0167P  
SERIAL NO: 09/873,230  
APPLICANT: Benesch et al.  
LERNER AND GREENBERG P.A.  
P.O. BOX 2480  
HOLLYWOOD, FLORIDA 33022  
TEL. (954) 925-1100